Fig. 9. Kopf mit den drei kleinen Zähnchen am Vorderrand *a*, dem siebengliederigen rechtsseitigen Fühler *b*, der Fühlerfurche auf der linken Seite *c* und dem Halsschild *d*.
„ 10. Ein mittlerer Körpergürtel mit dem davon entspringenden Doppelfusspaar.
„ 11. *Titanethes atpicola,* vergrössert von oben gesehen.
„ 12. Ein Theil der Antenne, *a* letztes Basalglied, *b* die aus sieben Gliedern bestehende Geissel.
„ 13. Klauenglied eines Thoraxfusses, bestehend aus einem behaarten (*a*) und einem nackten Theil (*b*); *c* gefiederter Anhang an ersterem.
„ 14. Nach hinten vorragender Abdominalfuss, *a* Basalglied, *b* äusserer, *c* innerer Fortsatz.

---

# *Über eine Methode, die Quantitäten der vegetabilischen Eigenwärme zu bestimmen.*

Von **Dr. Julius Sachs.**

(Vorgelegt durch Herrn Professor Unger.)

Die von Hales herrührende und seit dem in allen botanischen Schriften verbreitete Ansicht, dass die Pflanzen unter Umständen, zumal regelmässig in der Nacht, der Atmosphäre Wasserdampf entziehen sollen, wurde zuerst durch die Abhandlung des Herrn Professor Unger: „Nehmen die Blätter der Pflanzen dunstförmiges Wasser aus der Atmosphäre auf?“ (Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie, IX, 1852) widerlegt. Bei meinen im Sommer 1856 angestellten Versuchen über die Abhängigkeit der Verdunstungsthätigkeit der Pflanzen von den Temperaturen und Feuchtigkeitsgraden der Luft, kam ich zu demselben Resultat: dass nämlich die Pflanzen unter allen Umständen, auch in einer mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre ihre Verdunstungs-Thätigkeit fortsetzen. Stand dies einmal fest, so drängte sich die Frage auf, wie dies mit den physicalischen Gesetzen der Dampfbildung zu vereinbaren sei. Es liegt im Begriff einer mit Dampf gesättigten Atmosphäre, dass sie, so lange keine Temperaturerhöhung stattfindet, die weitere Dampfbildung verhindert. Wenn nun dennoch aus einer Pflanze in eine mit Dampf gesättigte Luft weitere Dampfquanta austreten, so kann dies nur dadurch geschehen, dass diese letzteren eine

höhere Spannkraft haben, welche sie einer Temperatur verdanken müssen, die höher ist, als die der umgebenden Luft. Dieser Temperatur-Überschuss des austretenden Dampfes kann natürlich nirgends anders herstammen als aus der Pflanze selbst: diejenigen Stellen, an denen sich der Dampf bildet, müssen im Bildungsmomente eine höhere Temperatur haben als die gesättigte Luft, denn sonst würde sich der Dampf eben nicht bilden können. Auch ohne die Quellen dieser Wärme zu kennen, ist einerseits klar, dass sie nur im Vegetationsprocesse selbst liegen können, und andererseits zeigt eine genauere Erwägung der Umstände, dass die durch den Vegetationsprocess entwickelte Wärme bis auf ein Minimum zur Bildung von Wasserdampf verwendet werden muss. Denn da die chemischen Processe, durch welche jene Wärme frei wird, im flüssigen Inhalt der Zellen stattfinden, so findet jedes noch so kleine Wärmequantum sogleich eine Wassermenge, welche dadurch in Dampf verwandelt werden kann. Selbst bei der Annahme, dass auch so noch ein Verlust durch Ausstrahlung stattfinden könne, wird dies nur von den äussersten Zellenschichten gelten: denn wenn die in den inneren Schichten entstandene Wärme ausstrahlt, so muss sie in den verschiedenen Zellinhalten, Zellhäuten und Zwischenzellräumen so verschiedene Medien durchsetzen, dass wohl die Annahme gerechtfertigt erscheint, sie werde, bevor sie zur Oberfläche gelangt, gänzlich absorbirt, also in geleitete Wärme verwandelt und so zur Bildung von Wasserdampf geeignet sein.

Erscheint es somit als gewiss, dass 1. die Verdampfung einer im dampfgesättigten Raum stehenden Pflanze nur auf Kosten ihrer Eigenwärme möglich ist; dass 2. die ganze Eigenwärme bis auf ein Minimum zur Bildung von Wasserdampf verwendet wird, so kann man hieraus eine Methode ableiten, die Quantität der Eigenwärme einer Pflanze, welche sie während einer bestimmten Zeit entwickelt, zu messen, indem man als Mass derselben den auf ihre Kosten entstandenen Wasserdampf betrachtet.

Das Wesentliche dieser Methode besteht in Folgendem: Man bringt eine Pflanze in einen Raum, in welchem die Atmosphäre während einer bestimmten Zeit immerfort mit Dampf gesättigt ist; dazu sind zweierlei Bedingungen erforderlich: 1. muss diese Atmosphäre mit einer freien Wasserfläche in Berührung stehen; 2. müssen die stattfindenden Temperaturschwankungen so langsam vor sich gehen,

dass beim Steigen der Temperatur vermittelst der freien Wasserfläche schnell genug Dampf entstehen kann, um ein Sinken unter das Spannungsmaximum der neuen Temperatur zu hindern. Hierbei ist ausser der Langsamkeit der Temperaturerhöhung die Grösse der freien Wasserfläche eine wesentliche Bedingung.

Da blos der von der Pflanze entwickelte Dampf gemessen werden soll, so muss man sie mit den Wurzeln und dem zugehörigen Boden in ein Glasgefäss setzen, die Oberfläche desselben ebenfalls mit einem Glasdeckel luftdicht so verschliessen, dass der Stengel luftdicht durch den Deckel geht. Da die Pflanze während des Experiments Wasser verdampft, so müssen die Wurzeln im Boden so viel Feuchtigkeit finden, dass die Pflanze weder Mangel hat noch durch Übermass leidet. Endlich muss die Pflanze gesund sein und während der Zeit des Versuchs Licht und Wärme in dem Masse, welches ihr zusagt, geniessen. Den von der Pflanze entwichenen Wasserdampf bestimmt man durch eine Wägung des Apparates, in welchem sie steht, unmittelbar vor und unmittelbar nach dem Versuch; die Gewichtsabnahme gibt den entwichenen Dampf, aus welchem man die entwickelte Wärmequantität bestimmt.

## Erster Versuch:

In drei hinreichend geräumige Glasgefässe wurden drei beinahe gleiche Exemplare von *Achimenes Hilii* gepflanzt. Der Boden war wie bei Blumentöpfen durchbohrt, durch das Loch war vor dem Einpflanzen ein Baumwollen-Docht gezogen und zwischen der Erde und der Glaswand zerfasert worden; ausserhalb reichte das untere Ende desselben in ein anderes niederes Glasgefäss, welches mit Wasser gefüllt war; von hier aus konnte der Docht immerfort kleine Quantitäten Wasser der Erde zuführen. Dieses untere Gefäss war luftdicht an den Boden des als Blumentopf dienenden Gefässes gekittet. Aus dem letzteren erhob sich in der Mitte der Pflanzenstengel; ein halbirter Glasdeckel schloss, luftdicht aufgekittet, den Topf und liess nur den Stengel hierdurch, der ebenfalls umkittet wurde. Insoweit waren die drei Apparate völlig gleich. Einer derselben (Nr. I) wurde gewogen und dann an einem Fenster ruhig stehen gelassen; ein anderer (Nr. II) kam in ein grosses cylindrisches Glasgefäss zu stehen, welches mit einem gläsernen Deckel, durch den ein Thermometer eingelassen war, luftdicht verschlossen wurde. Auf dem

Boden dieses grossen Gefässes standen drei Gefässe mit concentrirter Schwefelsäure; der dritte Apparat (Nr. III) wurde gleichermassen in ein ebenso grosses Glasgefäss eingeschlossen. Bei Nr. I konnte die Verdampfung nur durch die Blätter stattfinden (so wie bei II und III), die von der Zimmerluft umgeben waren; bei Nr. II wurde das aus den Blättern verdampfte Wasser durch die Schwefelsäure absorbirt; es geschah dies so vollständig, dass während der Dauer des Versuches niemals ein Niederschlag an den Glaswänden stattfand; bei Nr. III trat der Dampf aus den Blättern in die gesperrte Atmosphäre, sättigte diese zuerst, bildete dann einen feinzertheilten Wasserüberzug an allen Wänden, der sich immerfort vermehrte und zugleich als freie Wasserfläche diente, durch welche die abgeschlossene Atmosphäre in Sättigung erhalten wurde. Nach Beendigung des Versuches, welcher sieben Tage dauerte, wurde Nr. I wieder gewogen, bei Nr. II wurde die Gewichtszunahme der Schwefelsäure bestimmt, bei Nr. III wurde der im grossen Gefäss entstandene Niederschlag gesammelt, mit einem gewogenen Filtrirpapier ausgewischt und gewogen. Die Temperatur wechselte in den Gefässen täglich um 3·5° R. Da die Fläche des an den Wänden vertheilten Niederschlages vielmal grösser war als die Blattfläche, und da die Verdampfung einer freien Wasserfläche viel rascher ist, als die aus der Pflanze, so konnte bei dem Steigen der Temperatur um 3·5° R., welches übrigens sehr langsam geschah, der Dampfgehalt im Gefässe niemals merklich unter das Maximum sinken.

Folgende Tabelle enthält die Einzelheiten des Versuches.

| Nr. | Dauer des Versuches. | Temp. R°. | Fläche der Blätter in □ Centim. | Verdunstetes Wasser in Grammes. | Verdunstung von 100 □ Centim. in 24 Stunden. |
|---|---|---|---|---|---|
| I. | Vom 11.—18. October 1856; genau 7 Tage. | Mittel 13° | 214 | 66·3 | 4·47 |
| II. | | Maximum: 13°5 | 310 | 62·5 | 2·88 |
| III. | | Minimum: 10° | 506 | 15·88 | 0·45 |

Nennt man die Wärmemenge, welche im Stande ist die Temperatur eines Gramm Wasser von $t^0$ C. auf $(t + 1^0)$ C. zu bringen

eine Wärmeeinheit, so entwickelte die Pflanze III binnen 24 Stunden im Mittel $\frac{15 \cdot 88}{7}$ 540 = 1225 Wärmeeinheiten, oder soviel als durch Verbrennung von 0·1508 Gramm C. zu $CO_2$ entwickelt wird.

## Zweiter Versuch.

Hier und im folgenden Versuch wurden nur zwei Apparate verwendet; der eine wie Nr. I beim vorigen Versuche, der andere wie Nr. III desselben, aber mit der Abänderung, dass hier der Boden des grossen Glasgefässes, welches den Apparat mit der Pflanze umschloss, mit Wasser übergossen wurde. Die Verdampfung der Pflanze im dampfgesättigten Raume wurde durch Wägung des Apparates III vor und nach dem Versuche bestimmt.

Althaea rosea, junge Pflanzen.

| Nr. | Dauer des Versuches. | Temp. R⁰. | Blattfläche in □ Centim. | Verdunstetes Wasser in Grammes. | Verdunstung von 100 □ Centim. in 24 Stunden. |
|---|---|---|---|---|---|
| I. | Vom 11. bis 13. April; 47 Stunden. | Mittel: 10°6 | 370 | 56·37 | 7·3796 |
| III. | | zwischen 8° und 12° | 381 | 7·00 | 0·938 |

## Dritter Versuch.

Calceolaria, junge reichbeblätterte Pflanzen.

| Nr. | Dauer des Versuches. | Temp. R⁰. | Blattfläche in □ Centim. | Verdunstetes Wasser in Grammes. | Verdunstung von 100 □ Centim. in 24 Stunden. |
|---|---|---|---|---|---|
| I. | Vom 24. bis 29. April 1857; 119 Stunden. | Mittel: 9°7 | 307 | 44·7 | 2·953 |
| III. | | zwischen 6°4 bis 10°4 | 348 | 7·7 | 0·452 |

Für gleiche Flächen und Zeiten verhielten sich also die Wärmequanta bei *Achimenes*, *Althaea* und *Calceolaria* wie 0·45:

0·94 : 0·452. Die Eigenwärme der *Althea* wäre also doppelt so gross als die der beiden anderen gewesen; dies dürfte sich zum Theil daraus erklären, dass die *Althaea* bei so niederen Temperaturen schon sehr kräftig vegetirt, während dieselben für die beiden anderen schon zu niedrig waren. Eine dem Vegetationsprocess günstige Luft-Temperatur muss die Eigenwärme steigern.

---

# *Über die gesetzmässige Stellung der Nebenwurzeln der ersten und zweiten Ordnung bei verschiedenen Dicotyledonen-Gattungen.*

Von **Dr. Julius Sachs.**

(Mit 2 Tafeln.)

(Vorgelegt von dem w. M., Herrn Prof. Unger.)

Wenn man mit Pflanzen physiologische Experimente anstellt, so ist man sehr häufig in dem Falle, dass die Gegenwart des Bodens, in welchem dieselben wurzeln, die Genauigkeit der Wägungen und Messungen, in jedem Falle aber die Totalität der Beobachtungen hindert. Das Gewicht des Bodens, den eine Pflanze für ihre Wurzeln nöthig hat, übersteigt immer das Gewicht der letzteren um ein Vielfaches, und muss somit überall, wo man mit der Wage an lebendigen Pflanzen experimentirt, als eine stetige Fehlerquelle auftreten. Es ist unmöglich an den Wurzeln, auch wenn man sie mit der grössten Vorsicht aus der Erde genommen und gereiniget hat, die Anzahl der aufsaugenden Wurzelhaare zu bestimmen, und wir sind desshalb über das Verhältniss der aufsaugenden Wurzelfläche zur Verdunstungsfläche der Blätter noch völlig im Unklaren. Das Verhältniss, in welchem das Wachsthum der Wurzel zu dem der grünen Theile steht, ein Gegenstand, der für die Physiologie jedenfalls von Interesse ist, ist wegen der Gegenwart des Bodens ebenfalls noch völlig unbekannt. Man kann sich ferner die Frage vorlegen, ob die Capilarität des Bodens bei der aufsaugenden Thätigkeit der Wurzeln als ein wesentliches Moment zu betrachten ist, ja man kann die Frage aufwerfen, ob die Gegenwart irgend eines Bodens überhaupt eine Vegetationsbedingung ist, und wie die Pflanze ohne dieselbe vegetirt.